

ULAŞTIRMA YAPILARINA İLİŞKİN MÜHENDİSLİK PROJELERİNDE YATAY - DÜŞEY KONTROL AĞLARININ OLUŞTURULMASI : ÜSKÜDAR-ÜMRANIYE II. ETAP HAFİF METRO PROJESİ ÖRNEĞİ

Y. Kalkan, R. M. Alkan, M. Yanalak

İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul
kalkany@itu.edu.tr, alkanr@itu.edu.tr, yanalak@itu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, İstanbul'un yoğun nüfus potansiyeline sahip Üsküdar ve Ümraniye ilçeleri arasında yapılması planlanan Hafif Raylı Sistem Metro Projesi güzergahı boyunca gerçekleştirilen jeodezik çalışmalardan bahsedilmektedir. Çalışma, proje öncesinden yapım sonrasına kadar tüm aşamalarda kullanılmak üzere yatay ve düşey kontrol noktalarının oluşturulması amacıyla yapılmıştır. Yaklaşık 10 km uzunluğa sahip güzergah boyunca toplam 40 adet nirengi-poligon noktası ve 25 adet nivelman noktası seçilerek uygun yerlerde özel zemin işaretleriyle tesis edilmiştir. Konum ağı, çift frekanslı GPS alıcıları kullanılarak statik ölçme yöntemi ile ölçülmüştür. Nivelman ağı ölçmelerinde ise, Zeiss NiI klasik presizyonlu nivosu ile TOPCON DL-101C elektronik presizyonlu nivosu ve lazer tekniği ile bölümlendirilmiş özel invar mira çiftleri ve donanımları kullanılmıştır. Ayrıca, klasik ve elektronik nivoları doğruluk, maliyet ve zaman açısından birbiri ile karşılaştırmak için 2004 yılında tesis edilen İ.T.Ü Kampus alanında bir dizi ölçme yapılmış ve elde edilen sonuçlar da çalışmada verilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Ulaştırma Yapılarına İlişkin Mühendislik Projeleri, Jeodezik Ağlar, GPS, Presizyonlu Nivelman, Sayısal Nivo.

ABSTRACT

ESTABLISHING HORIZONTAL and VERTICAL CONTROL NETWORKS TO BE USED IN TRANSPORTATION ENGINEERING CONSTRUCTION PROJECTS: CASE STUDY of the ÜSKÜDAR-ÜMRANIYE UNDERGROUND RAILWAY SYSTEM PROJECT - II. PHASE

This study discusses the geodetic measurements realized in the route of the Light Rail Transit System Project planned to constructed between Üsküdar and Ümraniye districts of Istanbul where have a dense population is living. The horizontal and vertical control networks that are used prior and subsequent to the project are established. 40 horizontal network reference points and 25 leveling points are established using special construction landmarks along the 10 km route of the Light Rail Transit System. Horizontal network measurements are carried out with static survey method using dual frequency GPS receivers. Whereas, the vertical network measurements are carried out using Zeiss NiI classical precision level and TOPCON DL-101C digital precision level along with the invar and barcode roads. A series of measurements are realized in İTÜ Maslak campus for comparison of both electronic levels and the classical levels in the framework of accuracy, economy and time. The obtained results are also given in the paper.

Key words : Transportation Engineering Projects, Geodetic Networks, GPS, Precise Leveling, Digital Level.

1. GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusu ve yükselen hayat standartları büyük mühendislik projelerinin hayata geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizin özellikle büyük kentlerinde ulaşım konusunda önemli problemler yaşanmakta ve bu problemlerin çözümü için yeni yöntem ve yaklaşımlar uygulanmaya çalışılmaktadır. Büyük kentlerin ulaşım problemlerine önemli bir çözüm olarak geliştirilen yer üstü ve yer altı raylı sistem uygulamaları buna önemli bir örnektir. Günümüzde dünyanın büyük kentlerinin hemen hepsinde toplu taşıma ulaşımı önemli ölçüde demiryolu, tramvay, hızlı tramvay, metro, hafif metro gibi raylı sistemlerle yapılmaktadır. Sahip olduğu sayısız avantajı nedeniyle raylı sistemler gerek yolcu ve gerekse yük taşımacılığında büyük bir yere sahiptir. Son zamanlarda özellikle yoğun yerleşim alanlarının her geçen gün artmasıyla yeraltı alanlarının daha fazla değerlendirilmesi gündeme gelmiş ve buna bağlı olarak metroların yapımına ağırlık verilmeye başlanmıştır. Özellikle gelişmiş ülkelerin büyük şehirlerinde çok katlı metro ağları oluşturularak trafik yükü büyük oranda yer altına kaydırılarak, çok daha etkili bir ulaşım sağlanmıştır. Söz konusu bu çalışmalara bağlı olarak çok çeşitli tünel uygulama ve ölçme teknikleri de geliştirilmektedir (Demirağ ve Ünlütepe, 2003).

Bu çalışmada, İstanbul'un oldukça yoğun nüfus potansiyeline sahip Üsküdar ve Ümraniye ilçeleri arasında İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından gerçekleştirilmesi planlanan "Hafif Raylı Sistem Metro Projesi" kapsamında yapılacak jeodezik ölçmelerin, proje öncesinden yapım sonrasına kadar olan tüm aşamalarında kullanılmak üzere gerçekleştirilen "Ana Yatay ve Düşey Kontrol Ağlarının" kurulması çalışmalarından bahsedilmiştir. Ayrıca

çalışmada kullanılan sayısal nivo ile yapılan ölçmelerin bu tür uygulamalardaki kullanılabilirliği, bir maliyet analizi ile birlikte ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlar, çalışmanın, metro projesinden talep edilen doğrulukları karşıladığını göstermiştir.

2. METRO ÇALIŞMALARINDA GENEL JEODEZİK ÖLÇME UYGULAMALARI

Maliyeti oldukça yüksek raylı sistemler gibi mühendislik yapılarının inşa öncesinde, inşa esnasında ve sonrasında yüksek doğruluk gerektiren bir çok jeodezik ölçme çalışmasına gereksinim duyulur. Güzergah boyunca oluşturulan yatay ve düşey kontrol ağları, proje altlığının (büyük ölçekli haritaların) üretilmesi, projelendirme, aplikasyon, proje süresince ve sonrasında yapılan kontrol ölçmeleri (deformasyon ölçmeleri), gerektiğinde irtifak haklarının kurulması, kamulaştırma çalışmaları vb işlerde kullanılır. Tescil gerektiren çalışmalarda kadastro paftalarının gerek ve esas olduğu da göz ardı edilmemelidir. Uzun süre hizmet etmesi beklenen bu ağ noktalarının sağlam ve kalıcı zeminlerde uygun nokta tesisleriyle oluşturulması ve üç boyutlu konumlarının, projede talep edilen doğruluklarla belirlenmesi zorunludur.

Genel olarak ele alındığında raylı sistem inşaatları ve tünel uygulamaları aşağıda sıralanan ölçme uygulamalarını içermektedir (Demirağ ve Ünlütepe, 2003 ve Ünlütepe 2003):

- Proje alanını kapsayan bir nirengi ağının oluşturulması,
- Nirengi noktaları arasında poligon dizilerinin oluşturulması,
- Nivelman ağının oluşturulması,
- Güzergah haritalarının hazırlanması,
- Tünel tasarımlarının hazırlanması,
- Tünel giriş yapılarının (*Şaft, Portal, Yaklaşım Tüneli*) inşaatı için ölçmelerin yapılması,
- Projenin aplikasyonunun yapılması.

Çalışmaların ilk adımında nirengi ve nivelman ağları proje alanını kapsayacak ve istenilen doğrulukları karşılayacak şekilde oluşturulur. Sonra, tünel kazılarının/makinelerinin yönlendirilmesi, aplikasyonu ve diğer tüm tünel inşaat çalışmalarının projeye uygun olarak gerçekleştirilebilmesi için mevcut ağda sıklaştırma yapılır. Ayrıca tünel stabilitesinin, yani deformasyonların izlenmesi bu tür çalışmalardaki en önemli görevlerdendir. Jeodezik yöntemlerle deformasyon izleme çalışmalarının yanında geoteknik donanımların ve meteorolojik sensörlerin kullanıldığı ve genel olarak “jeodezik olmayan yöntemler” olarak adlandırılan deformasyon izleme yöntemleri de son zamanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Hill and Sippel 2002, Kalkan vd., 2003, Kuang 1996). Bu çerçevede metro gibi sistemlerin özellikle yer üstündeki yapılar ve çevresinde meydana getirebileceği hareketleri izlemek için “rod extensometre” (yapılardaki relatif hareketleri izlemek için), “settlement gauges” (zemin katmanlarının oturmasının belirlenmesi için), “inclinometre ölçmeleri” (Farklı derinliklerdeki yatay yer değiştirmelerin belirlenmesi için) ve crackmeter (yapılar üzerinde oluşan çatlakların izlenmesi için) gibi donanımlardan da yararlanılmaktadır. Tüm bu ölçmelerin amacı, gerek tünel içerisinde ve gerekse tünel güzergahı civarında, zeminde ve çevresindeki yapılarda inşa süresince ve izleyen zaman diliminde meydana gelebilecek yer değiştirmelerin belirlenmesidir (Ünlütepe 2003).

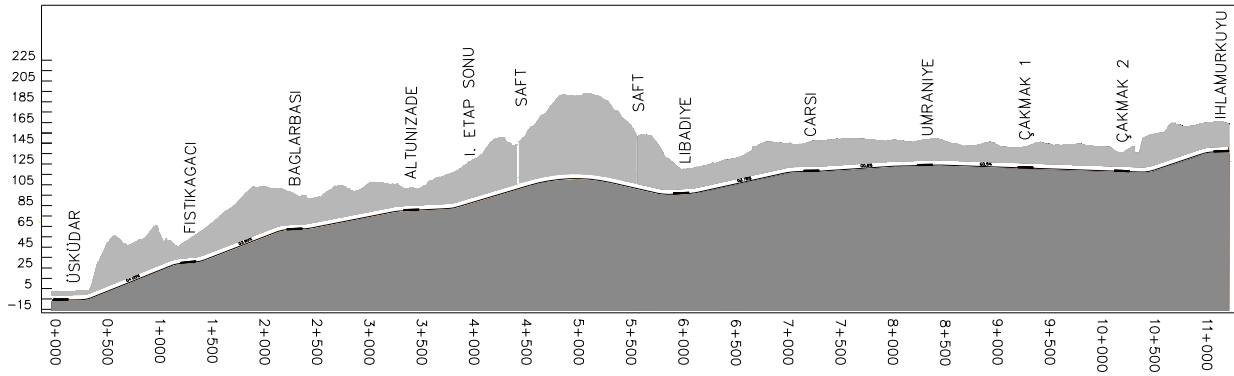
3. ÜSKÜDAR-ÜMRANIYE II. ETAP HAFİF METRO PROJESİ ÖRNEĞİ

3.1. Projenin Tanıtımı

Üsküdar Metrosu; 35000 yolcu/s/yön kapasiteli çift hat toplam 15.5 km uzunluğunda olan ve 13 istasyondan oluşması planlanmış bir hattır (Şekil 1).



Şekil 1.a. Üsküdar Metrosu Güzergahı



(b)

Şekil 1. b. Üsküdar Metrosu Boykesit Profili

Üsküdar Metrosu Tasarım Kriterleri'ne göre, projede yapılması istenilen ilk etap jeodezik çalışmalar; nirengi/poligon ve nivelman ağlarının oluşturulması ile detay ölçmelerinden oluşmaktadır. Bu çalışmalara projenin farklı aşamalarında ihtiyaç duyulmaktadır. Genel olarak bunlar;

- a-) *Tasarım* (üç boyutlu projelendirme ve dizayn aşamalarında proje girdisi olarak),
- b-) *Aplikasyon* (oluşturulan projenin presizyonlu olarak araziye uygulanması aşamasında),
- c-) *Yenileme* (işletme aşamasında güzergahta ve ray sisteminde meydana gelebilecek deformasyon ve deplasman değerlerinin belirlenerek revize edilmesi)

aşamalarıdır (İBB, 2004).

3.2. Yatay ve Düşey Kontrol Ağlarının Oluşturulması

İstanbul Ulaşım A.Ş. tarafından projelendirilen “Üsküdar-Ümraniye Hafif Metrosu II. Etap, Altunizade-Çakmak” arası metro çalışmalarında kullanılacak jeodezik altyapıyı oluşturmak üzere aşağıda kısaca açıklanan bir dizi çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmayla ilgili daha geniş bilgiler *Alkan ve diğ. 2004*'de verilmiştir.

a-) Jeodezik Noktaların Tesisi

Çalışma bölgesine ait mevcut 1:1000 ölçekli halihazır haritalar üzerinde bir ön istikşaf yapılmıştır. Böylelikle, jeodezik kontrol noktalarının (Nirengi/Poligon ve Nivelman noktalarının) yaklaşık yerleri belirlenmiş, daha sonra araziye gidilerek yerleri kesinleştirilmiştir. Çalışma alanında toplam 40 adet Nirengi/Poligon noktası tesis edilmiştir.

Noktaların tesisinde paslanmaya karşı özel bir işleme tabi tutulmuş zemin işaretleri kullanılmıştır. Noktalar arasında presizyonlu nivelman yapılacağı göz önüne alınarak işaretler buna uygun şekilde dizayn edilmiştir. Bölgenin yerleşim alanı olması nedeniyle uygun nokta tesisleri, bir elektrikli matkap yardımıyla zemine ankre edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Bölgede Tesis Edilen Nirengi Noktaları

Nivelman Noktalarının (Rs'lerin) tesisinde ise, pirinçten yapılmış duvar işaretleri kullanılmıştır. Bu tesisler, mümkün olduğunca uzun süre yaşayacak şekilde çalışma bölgesinde yer alan sağlam, kalıcı bina vb. yapıların duvarlarına yerleştirilmiştir (Şekil 3). Projede öngörülen olası istasyonların ve shaftların her birinin öncesinde ve sonrasında olmak üzere, ortalama 400-500 metre aralıkla toplam 19 adet nivelman noktası tesis edilmiştir. Çalışma alanındaki mevcut nivelman noktaları ile birlikte bu sayı 24'e çıkmıştır.



Şekil 3. Bölgede Tesis Edilen Nivelman Noktaları

b-) GPS Ölçmeleri

Söz konusu projede yer alan nirengi/poligon noktalarının koordinatlarının belirlenmesinde GPS ölçme tekniği ile belirlenmiş, ölçmelerde çift frekanslı Leica GPS alıcıları kullanılmıştır (Şekil 4).

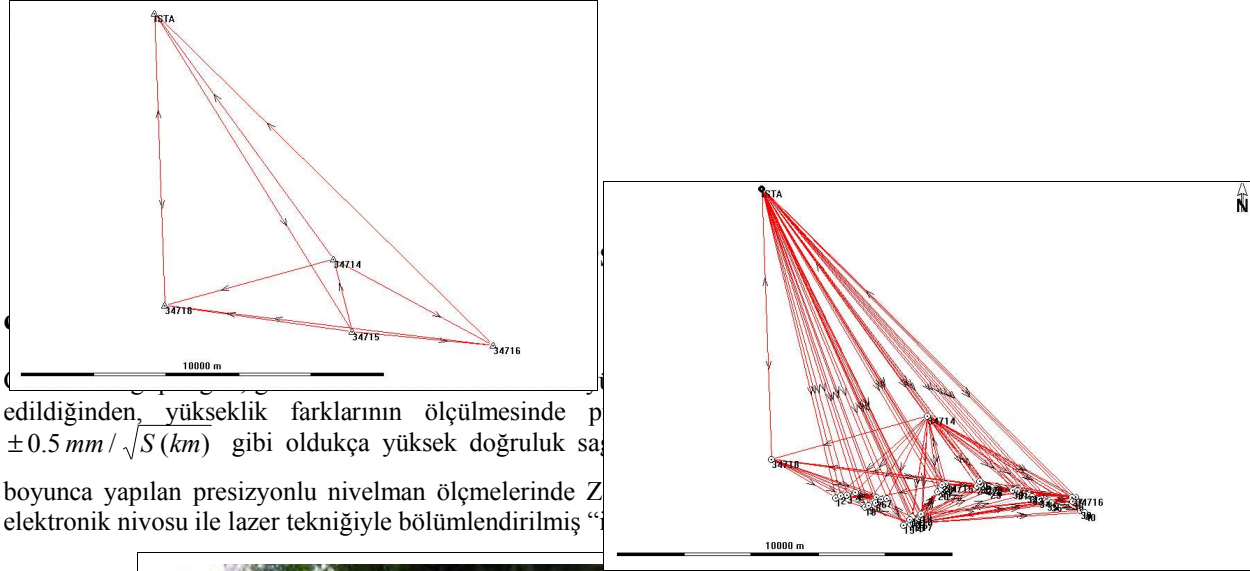
GPS ölçmelerinin değerlendirilmesi sonucu elde edilen koordinatların Ülke Sistemine dönüştürülmesi için İstanbul GPS Nirengi Ağı-İGNA'ya ait, bölgede uygun dağılmış 4 nirengi noktası ile, bir IGS noktası (ISTA) kullanılmıştır.



Şekil 4. GPS Ölçmeleri

Tesis edilen nirengi/poligon noktalarına ait ölçmeler, ISTA ve IGNA sabit noktalarının 3'ünden eş zamanlı olarak yapılmış, her bir ardışık nirengi noktası arasındaki bazlar bağımsız olarak ölçülmüştür. İlave olarak, Ana ağda yer alan tüm bazlar da ayrıca ölçülmüştür (Şekil 5). Güzergahtaki nirengi noktalarında ortalama 45 dakika, Ana Ağ

noktalarında ise bir kaç saat süreyle ölçme yapılmıştır. Ölçmelerde statik GPS ölçme yöntemi uygulanmıştır. GPS ölçmelerine ilişkin ölçme kanavaşı Şekil 5’de verilmiştir.



edildiğinden, yükseklik farklarının ölçülmesinde $\pm 0.5 \text{ mm} / \sqrt{S(\text{km})}$ gibi oldukça yüksek doğruluk sağlanmaktadır. Ayrıca, bu ölçmelerde Z noktası boyunca yapılan presizyonlu nivelman ölçmelerinde Z noktası elektronik nivosu ile lazer tekniğiyle bölümlendirilmiş

Şekil 6. Presizyonlu Nivelman Ölçme Donanımı

Zeiss Ni1 ve TOPCON DL-101C nivoları, presizyonlu nivolar sınıfında yer alan yüksek presizyonlu ve kompanseörlü nivolardır. TOPCON DL-101C nivosu sayısal bir nivodur. Bu nivo için üretici firma tarafından verilen bazı teknik özellikler Tablo 1’de görülmektedir. Ölçmelerde kullanılan presizyonlu nivoların kontrol ve düzenlemesi, İ.T.Ü Jeodezi ve Fotogrametri Bölümü laboratuvarında ve arazide yapılmıştır.

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Sayısal Nivoya ait Bazı Teknik Özellikler (TOPCON DL101C Inst. Manual)

Aletsel Özellik	DL 101C	
	Yükseklik Ölçme Doğruluğu (1 km gidiş dönüş)	<i>Elektronik Okuma</i>
<i>Optik Okuma</i>		1.0mm
<i>Min. okuma</i>		0.1mm/0.01mm
Uzunluk Ölçme Doğruluğu/Aralığı	<i>Hassasiyeti</i>	1cm - 5cm
	<i>Ölçme aralığı</i>	2m - 60m : Invar mira
Ölçme Süresi	4 sn	
Depolama Kapasitesi	PCMCIA Kart (max 2MB) Dahili Hafıza yaklaşık. 8,000 data	

Presizyonlu nivelman ölçmeleri, ağı oluşturan toplam 72 kenarda gidiş-dönüş olarak iki farklı ekip tarafından gerçekleştirilmiştir.

4. KONUM VE YÜKSEKLİK ÖLÇMELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. GPS Verilerinin Değerlendirilmesi ve Dönüşümü

Ölçmelerde toplanan veriler Leica-SKI programı ile değerlendirilerek “Serbest Dengeleme Yöntemi” ile 3 boyutlu olarak dengelenmiştir. Dengeleme sonucunda yatay kontrol noktalarının nokta konum hataları ortalama 2.8 mm (en az 1.2 mm, en fazla 5.4 mm), yükseklik hataları ise, ortalama 3.2 mm (en az 1.2 mm, en fazla 5.9 mm) olarak bulunmuştur. Bu sonuç, GPS ölçülerinin kendi içinde tutarlı ve oldukça yüksek bir doğruluğa sahip olduğunu göstermektedir.

Ağda yer alan İGNA noktalarının bilinen “International Terrestrial Reference Frame (ITRF)” datumundaki koordinatlarından yararlanılarak ağdaki diğer noktaların bu datumdaki koordinatları hesaplanmıştır. Noktaların ITRF koordinatları, İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından yaptırılan IGNA projesi kapsamında belirlenmiş olan “IGNA Ağı Dönüşüm Parametreleri” ile Ülke Sistemine dönüştürülmüştür.

4.2. Nokta Yüksekliklerinin Hesabı

Nokta yükseklikleri, gidiş-dönüş ölçülmüş ortalama nivelman kenar yükseklik farklarının Gauss-Markoff modeline göre en küçük kareler yöntemi, dolaylı ölçüler dengelemesiyle hesaplanmıştır. Dengeleme hesabında, ölçü ağırlıkları;

$$P_i = \frac{1}{S (km)} \quad (1)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Dengelemede ağırlığı 1 seçilen ölçünün (1 km’lik nivelman yoluna sahip ortalama yükseklik farkının) dengeleme sonrası standart sapması;

$$\sigma_0 = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{P_i v_i v_i}{f}}, \quad f = n - u \quad (2)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Bu eşitlikte, v_i ; düzeltme değerleri, f ; serbestlik derecesi, n ; ölçü sayısı ve u ; bilinmeyen sayısıdır.

5. SAYISAL NİVOLARIN MÜHENDİSLİK PROJELERİNDE KULLANILMASI

Sayısal nivelman günümüzde ulusal düşey kontrol ağlarının ölçülmesinde, deformasyon ölçmelerinde, endüstriyel ölçmelerde, kara ve demiryolu inşaatı ölçmelerinde, tünel ve madencilik ölçmelerinde, yerel geoid belirlenmesi gibi çalışmalarda kullanılmaktadır. Lazer bölümlendirmeli barkodlu invar miralarla kullanılmaları halinde klasik presizyonlu nivelman ölçme doğruluğunda sonuçlar elde edilebilmektedir. Sayısal nivelmanın, klasik nivelmana göre önemli avantajları vardır. Bunlar:

- Alet operatörüne yöneltme dışında yük getirmemesi,
- Ölçmelerin kolay ve hızlı bir şekilde yapılabilmesi,
- Ölçmelerin otomatik olarak kaydedilmesi, kayıt ve buna ilişkin kişisel hataların ortadan kaldırılması,
- Ölçme kontrollerinin anında yapılabilmesi ve hesap hatalarının önlenmesi,
- Yazıcı personele gereksinim olmaması,
- Hızlı ve ekonomik ölçme yapılabilmesi,
- Diğer nivelmana göre daha uzak mesafeden ölçme yapılabilmesi,
- Ölçülerin doğrudan bilgisayar ortamına aktarılabilmesi

şeklinde sıralanabilir (Gürdal, 2004).

Mühendislik projelerinin önemli bileşenlerinden birisi, maliyet analizidir. Maliyet açısından bakıldığında, sayısal nivelmanın kullanımının klasik nivelmana göre oldukça ekonomik bir çözüm sunduğu söylenebilir. Bunu daha somut hale getirmek için İller Bankası 2002 yılı birim fiyat cetvellerinden yararlanılarak basit bir maliyet karşılaştırması yapılmıştır (Tablo 2). Hesaplar yapılırken bir presizyonlu nivelman ölçme ekibinin bir günlük (8 saatlik) nivelman maliyeti çıkarılmaya çalışılmıştır. Noktaların tesisinin yapıldığı, röperlerinin alındığı, çalışmanın da meskun bir alanda yapıldığı varsayılmıştır. Her iki aletle yapılan çalışmalardan edinilmiş tecrübelerden yararlanılarak aletlerle bir günde ortalama olarak ölçülebilen nivelman yolları çıkarılarak, bu hesaba katılmıştır (Tablo 2). İTÜ kampüsü Nivelman Ağında yapılan ölçmelerde nivelman yolları ve süreleri kayıt edilmiş ve Tablo 2’dekine benzer sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 2. Klasik ve Sayısal Nivelmanla Yapılan Bir Günlük (8 Saat) Presizyonlu Nivelman Ölçmelerinin Maliyet Karşılaştırması

Sayı	Personel / Kullanılan Donanım / Araç Gereç vs.	Klasik Nivo ile Presizyonlu Nivelman				Sayısal Nivo Presizyonlu Nivelman			
		Birim Saat		Birim (YTL)	Toplam (YTL)	Birim Saat		Birim (YTL)	Toplam (YTL)
1 Kişi	Harita Mühendisi	8	x	7.250	58.000	8	x	7.250	58.000
1 Kişi	Karneci (yazıcı)	8	x	1.661	13.288	-	-	-	-
2 Kişi	Mesaha İşçisi	16	x	1.176	18.816	16	x	1.176	18.816
	Ulaşım Maliyeti	1	x	4.125	4.125	1	x	4.125	4.125
	Nivo ve Donanım	8	x	2.611	20.888	8	x	2.611	20.888
	Arazi Bilgisayarı	-	-	-	-	1	x	5.133	5.133
	Diğer Masraflar				30.000				22.500
Toplam Maliyet (YTL)					145.117				
Ortalama Günlük Nivelman Yolu					2.5-3 km	7-8 km			
Birim Maliyet					58.0 - 48.4 YTL / 1 km	18.5 - 16.2 YTL / 1 km			
ORAN					58.0/18.5=3.1	48.4/16.2=3.0			

Tablo 2'den görülebileceği gibi, sayısal nivo ile yapılan presizyonlu nivelmanın üretkenliği çok daha fazla ve birim maliyeti çok daha düşüktür. Klasik nivo kullanılmasının birim maliyeti, sayısal nivo nun yaklaşık 3 katıdır. Sayısal nivo kullanımıyla maliyet 100'den yaklaşık 30'a düşmektedir. Yüzde 70 gibi büyük bir oranda tasarruf sağlanmaktadır. Ayrıca, sayısal nivolarla ölçmelerin bilgisayar ortamına kolayca aktarılabilirdiği ve basit programlarla hesapların kolaylıkla yapılabildiği düşünüldüğünde büro işlerinde de kullanıcıya önemli avantajlar sağladığı açıktır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda teknolojiadaki gelişmelerin mesleğimize olan olumlu yansımaları, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliğinin diğer ilgili meslek disiplinleri ile çok daha yakın bir ilişki içerisinde çalışması sonucunu da beraberinde getirmiştir. Artan nüfus karşısında ortaya çıkan büyük ve önemli mühendislik projelerinin proje öncesinde, proje süresince ve sonrasında yapılması gereken jeodezik ölçme uygulamaları ancak yetkin meslektaşlarımız tarafından gerçekleştirilebilecektir. Bu çalışmaların hemen hepsi kendine has çözüm yöntemlerine sahip, orijinal jeodezik ölçme çalışmalarını gerektiren ve genel olarak Mühendislik Ölçmeleri olarak adlandırılan çalışmalardır (Kuşçu, 2003). Mühendislik Ölçmeleri uygulamaları, günümüzde bir çok Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisi tarafından rutin olarak yapılagelen çalışmalara ilave olarak, meslektaşlarımıza yeni açılımlar kazandıracak geniş bir uygulama alanı olarak önemle yerini korumaktadır.

Bu çalışmada, İstanbul'un Anadolu yakasında yapılması planlanan Üsküdar Metro'sunun II. Kısımına ait, tarafımızdan gerçekleştirilmiş jeodezik çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir. Bu kapsamda çalışma bölgesini içine alacak şekilde yatay ve düşey kontrol ağları kurulmuş ve noktaların koordinatları GPS ölçme tekniği ile, yükseklikleri ise presizyonlu nivelman yöntemi ile belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen konum ve yükseklik doğrulukları, projeden talep edilen doğruluk kriterlerini çok rahat sağlamaktadır. GPS ölçmelerinden elde edilen ortalama nokta konum doğruluğu 2.8 mm, ortalama yükseklik doğruluğu ise, 3.2 mm olmuştur. Presizyonlu nivelman ölçmelerinden bulunan ortalama yükseklik doğruluğu ise, 0.54 mm düzeyindedir.

Günümüzde, yaygın olarak kullanılan GPS ölçmeleri, klasik ölçmelerden beklenen doğruluğa sahip yatay kontrol ağlarının oluşturulmasında rahatlıkla kullanılabilmekte ve klasik ağlara oranla karşılaştırıldığında daha hızlı ve daha ekonomik sonuçlar alınmaktadır. Düşey kontrol ağlarında ise, klasik nivelman ölçmeleri önemini korumaktadır. Ayrıca, yerel geoid ondülasyonlarının belirlenmesi ve özellikle raylı sistemler gibi mühendislik yapılarında talep edilen yüksek doğrulukta noktaların oluşturulması gibi çalışmalarda presizyonlu nivelman ölçmelerine olan ihtiyaç artarak devam etmektedir. Bunun yanında, klasik nivolar yerine sayısal nivoların kullanılmasının, ölçme süresini, dolayısıyla maliyeti, yaklaşık üç de bir oranına düşüreceği de gözardı edilmemelidir.

KAYNAKLAR

Alkan, R.M., Kalkan, Y., Yanalak, M., Erden, T. ve Doğan, A. 2004. *Üsküdar-Ümraniye Hafif Metro'su II. Etap Altınzade-Çakmak Arası Jeodezik Çalışmaları Teknik Raporu*, İTÜ Döner Sermaye İşletmesi Müdürlüğü, 183 sayfa.

Demirağ, C. ve Ünlütepe, A., 2003. *Raylı Sistemlerde Ray Hatlarının Yerleştirilmesi İçin Yapılan Ölçme Çalışmaları*, I. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 106-119, İstanbul.

Gürdal, M. A. 2004. *Sayısal Nivoların Teknolojisi ve Tarihsel Gelişimi*, Harita Genel Komutanlığı, Harita Dergisi, Sayı:131, 20-33.

Hill, C. D. and Sippel, K. D. 2002. *Modern Deformation Monitoring: A Multi Sensor Approach*, Proc. of 12th FIG Int. Symp. Deformation Measurements, Washington, DC, USA.

İBB, İstanbul Ulaşım A.Ş. 2004. Üsküdar Metrosu Tasarım Kriterleri El Kitabı.

Kalkan, Y., Alkan, R. M. and Yanalak, M. 2001. *Landslide Monitoring Project by Using Different Techniques*, Proceedings Fourth International Symposium Turkish-German Joint Geodetic Days, pp. 663-670, Berlin, Germany.

Kalkan, Y., Alkan, R. M., Baykal, O., Yanalak, M., Erden, T. ve Yıldırım, H. 2003. *Heyelanların Jeodezik ve Geoteknik Yöntemlerle İzlenmesi: Ambarlı Liman Bölgesinde Bir Uygulama*, I. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 91-105, İstanbul.

Kuang, S. 1996. *Geodetic Network Analysis and Optimal Design: Concepts and Applications*, Ann Arbor Press, Inc., Chelsea, Michigan.

Kuşçu, Ş. 2003. *Mühendislik Ölçmeleri Nedir? Ne Olmalıdır?*, I. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 1-10, İstanbul.

TOPCON, Instruction Manual Electronic Digital Level DL-101C, DL-102C, Kullanım Kılavuzu, (84 Sayfa).

Ünlütepe, A. 2003. *Tünel İnşaatları Sırasında Uygulanan Ölçme Yöntemleri ve Bu Yöntemlerin Değişik Tünelcilik Metotları İçin Karşılaştırılması*, I. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 451-465, İstanbul.

BİLDİRİNİN BAŞLIĞI

BOYUNA MÜHENDİSLİK PROJELERİNDE YATAY - DÜŞEY KONTROL AĞLARININ OLUŞTURULMASI : ÜSKÜDAR-ÜMRANIYE II. ETAP HAFİF METRO PROJESİ ÖRNEĞİ

SUNUM YAPAN YAZAR ADI

Doç.Dr.Yunus KALKAN

ÖZGEÇMİŞ

- Doç. Dr. Yunus KALKAN, 1954 yılında Malatya da doğmuştur. İlkokulu Malatya'da, Orta okulu Elbistan Mükrimin Halil Orta Okulu'nda Liseyi Kahramanmaraş Lisesinde okumuş ve 1973-1974 öğretim yılında bu liseden mezun olmuştur.
- 1974 Yılında girdiği İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümünü 1979 da tamamlamıştır. Aynı yıl Yüksek Lisans Öğrenimi'ne başlamış ve bir yıl İ.T.Ü. Yabancı Diller Yüksek Okulunda İngilizce hazırlık okumuştur.
- 1980 Yılında İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'nde Teknisyen Mühendis olarak göreve başlamıştır.
- 1982 Yılında Yüksek Lisans öğrenimini tamamladıktan sonra, aynı yıl, Araştırma Görevlisi olarak adı geçen bölüme atanmıştır.
- 1988 Yılında doktora çalışmalarını tamamlayarak " Doktor" ünvanını almıştır.
- Aralık 1988 İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi , Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı' na Yardımcı Doçent olarak atanmıştır.
- 1994 Yılında Doçent ünvanını almış ve 1997 Yılında Doçent kadrosuna atanmıştır.
- Halen Ölçme Tekniği Anabilim Dalında Doçent olarak görevini sürdürmekte olup evli ve bir çocuk babasıdır.

İLETİŞİM BİLGİLERİ

Adı – Soyadı: Doç.Dr.Yunus Kalkan

Yazışma Adresi: İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, 34469-Maslak/İstanbul

Telefon: 0212 2853818

Faks: 0212 2856587

e-posta: kalkany@itu.edu.tr

Adı – Soyadı: Y.Doç.Dr.Reha Metin Alkan

Yazışma Adresi: İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, 34469-Maslak/İstanbul

Telefon: 0212 2856564

Faks: 0212 2856587

e-posta: alkanr@itu.edu.tr

Adı – Soyadı: Doç.Dr.Mustafa Yanalak

Yazışma Adresi: İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, 34469-Maslak/İstanbul

Telefon: 0212 2856684

Faks: 0212 2856587

e-posta: yanalak@itu.edu.tr